

PENENTUAN *BUFFER SIZING* DALAM PENERAPAN *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* PADA SEBUAH PROYEK KONSTRUKSI

Christian Hadisurya Suyansen¹, William Sandika Martanto², Paulus Nugraha³

ABSTRAK : *Critical Chain Project Management* (CCPM) merupakan metode penjadwalan proyek yang diperkenalkan oleh Goldratt pada tahun 1997, namun penggunaannya kurang dimanfaatkan dalam proyek konstruksi di Indonesia. Metode penentuan besarnya buffer yang populer yaitu *Cut & Paste Method* (C&PM) dan *Root Square Error Method* (RSEM). Dalam penelitian ini, penentuan besarnya buffer menggunakan hasil penelitian oleh Shi pada tahun 2009 karena mempertimbangkan faktor-faktor seperti keterbatasan sumber daya dan kompleksitas jaringan. Penelitian ini menggunakan sampel proyek Hotel Alimar di kota Malang dengan data dari dokumen penawaran 2 kontraktor. Perhitungan dimulai dengan menentukan durasi optimis, *most likely*, dan pesimis untuk tiap pekerjaan. Perhitungan selanjutnya meliputi faktor keterbatasan sumber daya, kompleksitas jaringan, dan *risk preference*. Durasi tiap pekerjaan dari jadwal pelaksanaan kontraktor dianggap sebagai durasi pesimis. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan buffer sebesar 28,43% untuk pekerjaan struktur. Penerapan selanjutnya dilakukan dengan mengganggap durasi tiap pekerjaan dari jadwal pelaksanaan kontraktor sebagai durasi *most likely*. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan buffer sebesar 41,04% untuk pekerjaan struktur.

KATA KUNCI : *critical chain*, *buffer*, penjadwalan proyek.

1. PENDAHULUAN

Masalah yang paling sering dihadapi dalam sebuah proyek konstruksi adalah terjadi ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek. Sifat mendasar dari sebuah proyek konstruksi adalah peka terhadap perubahan. Perubahan tersebut membuat perencanaannya tidak mudah dan cenderung selalu terjadi penyimpangan dalam pelaksanaannya.

Berkaitan dengan masalah penjadwalan proyek, maka kita telah mengenal beberapa metode penjadwalan proyek tradisional yang telah sering digunakan dalam proyek konstruksi, seperti *Gantt Chart*, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dan *Critical Path Method* (CPM). Dalam bidang manajemen proyek konstruksi, dewasa ini berkembang suatu metode penjadwalan proyek baru yang digunakan dalam menangani ketidakpastian dalam penyelesaian proyek. Metode ini dikenal dengan *Critical Chain Project Management* (CCPM). CCPM diperkenalkan pertama kali oleh Goldratt pada tahun 1997.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, sun_mycrossystem@yahoo.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, william_sandika_92@yahoo.com

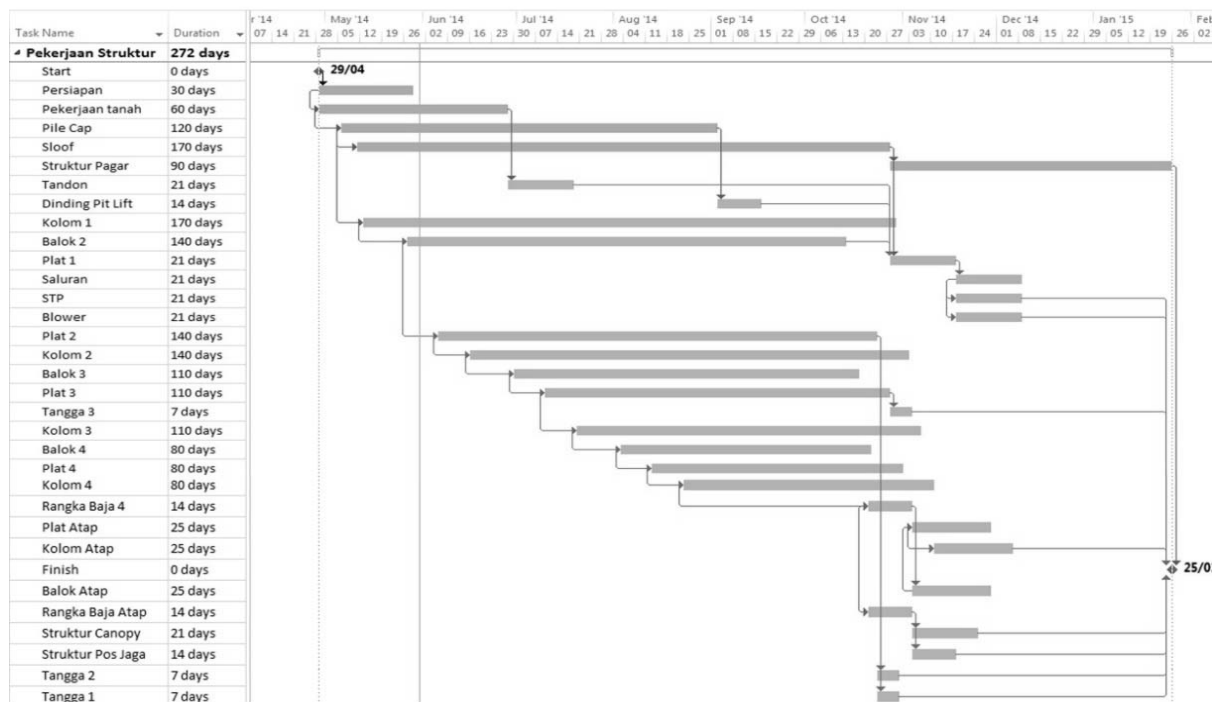
³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, pnugraha@peter.petra.ac.id

CCPM merupakan upaya penerapan dari *Theory of Constraints* (Leach, 1997). CCPM adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek (Goldratt, 1997). CCPM yang juga disarankan oleh "*Project Management Body of Knowledge*" (PMBOK), menjadi terobosan baru dalam revolusi cara berpikir yang dapat digunakan untuk menentukan bagaimana mempercepat penyelesaian proyek, meningkatkan kemampuan penjadwalan, serta mengurangi *budget* yang telah ditentukan.

CCPM cenderung menjaga sumber daya yang ada, dengan cara mengoptimalkan sumber daya pada masa awal proyek sehingga dapat dengan cepat beralih ke tugas yang lain setelahnya, agar seluruh rangkaian pekerjaan proyek selesai tepat waktu sesuai jadwal. CCPM mengoptimalkan *buffer* (waktu tambahan) di setiap aktivitas untuk menghindari penjadwalan proyek yang tidak tepat waktu.

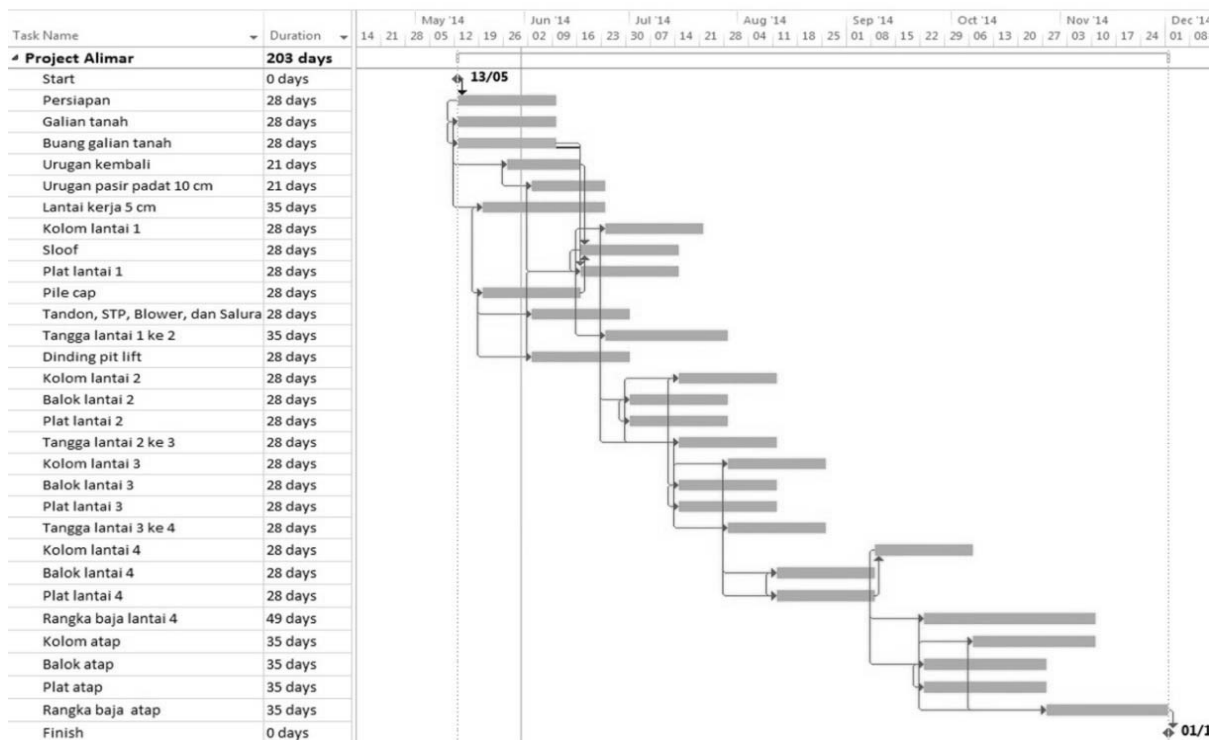
2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dimulai dengan mendapatkan jadwal pelaksanaan dari kontraktor X yang merupakan salah satu peserta tender dari proyek pembangunan hotel ini. Pekerjaan yang ditenderkan mencakup pekerjaan struktur, arsitektur, dan interior. Penelitian dibatasi untuk pekerjaan struktur saja. Jadwal pelaksanaan secara *Critical Path Method* (CPM) oleh kontraktor X untuk pekerjaan struktur dapat dilihat pada **Gambar 1**.



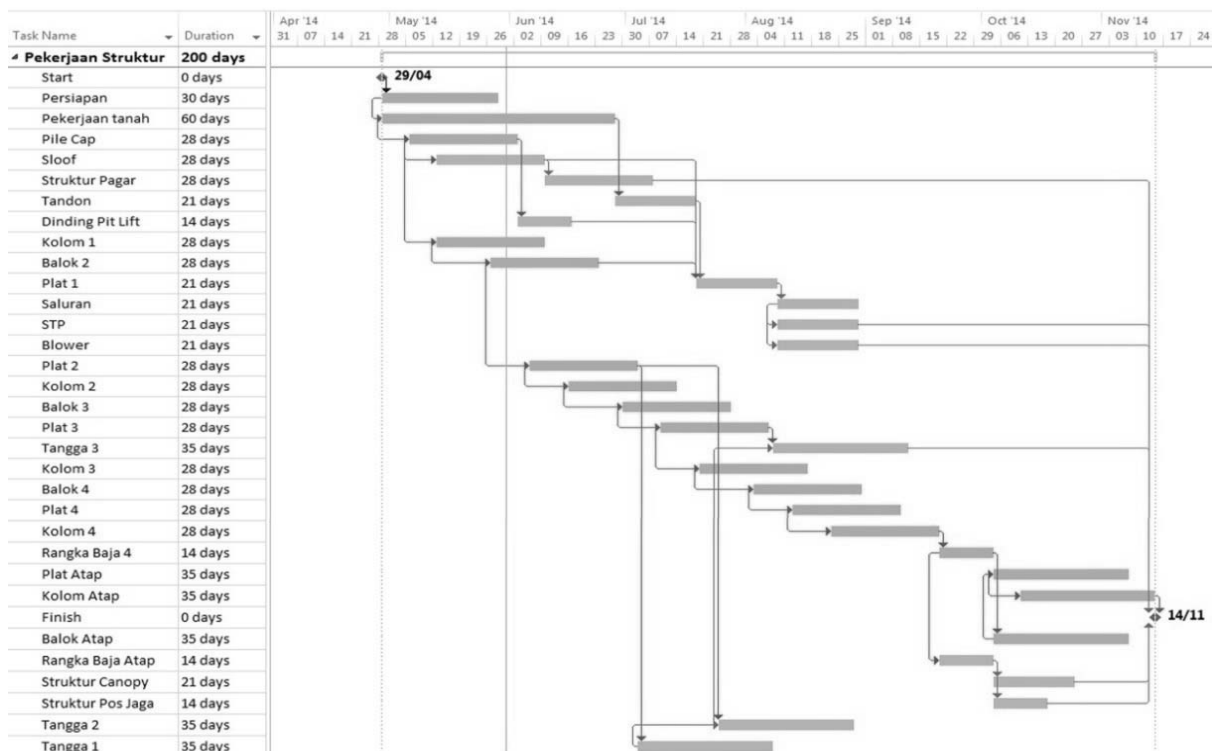
Gambar 1. Jadwal Pelaksanaan oleh Kontraktor X dalam Tender Proyek Hotel Alimar Malang untuk Pekerjaan Struktur

Didapat juga jadwal pelaksanaan secara *Critical Path Method* (CPM) oleh kontraktor Y. Kontraktor Y merupakan kontraktor lain di dalam tender proyek pembangunan hotel ini. Jadwal pelaksanaan oleh kontraktor Y dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Jadwal Pelaksanaan oleh Kontraktor Y dalam Tender Proyek Hotel Alimar Malang untuk Pekerjaan Struktur

Hal selanjutnya yang dilakukan adalah mengganti durasi semua pekerjaan beton oleh kontraktor X dengan durasi oleh kontraktor Y. Jadwal yang telah dimodifikasi ini dapat dilihat pada **Gambar 3**.



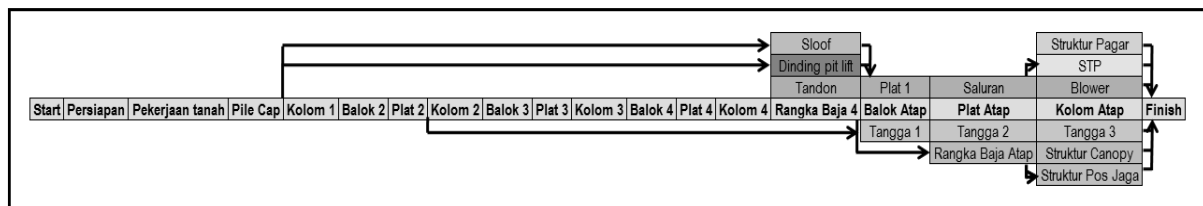
Gambar 3. Jadwal Hasil Modifikasi dengan Mengkombinasikan Jadwal Menurut Kontraktor X dan Kontraktor Y

Jadwal baru ini tetap menggunakan urutan pekerjaan menurut kontraktor X, hanya saja durasi semua pekerjaan beton diambil menurut jadwal kontraktor Y. Durasi pekerjaan tanah dan pekerjaan baja tetap mengikuti kontraktor X.

Untuk menentukan besarnya *buffer*, terdapat 2 metode yang populer yaitu *Cut & Paste Method* (C&PM) (Goldratt, 1997) dan *Root Square Error Method* (RSEM) (Newbold, 1998). Penelitian ini menggunakan hasil penelitian oleh Shi (2009) karena mempertimbangkan faktor-faktor seperti keterbatasan sumber daya dan kompleksitas jaringan.

3. ANALISA DAN HASIL

Rantai-rantai pekerjaan dari jadwal hasil modifikasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4**.

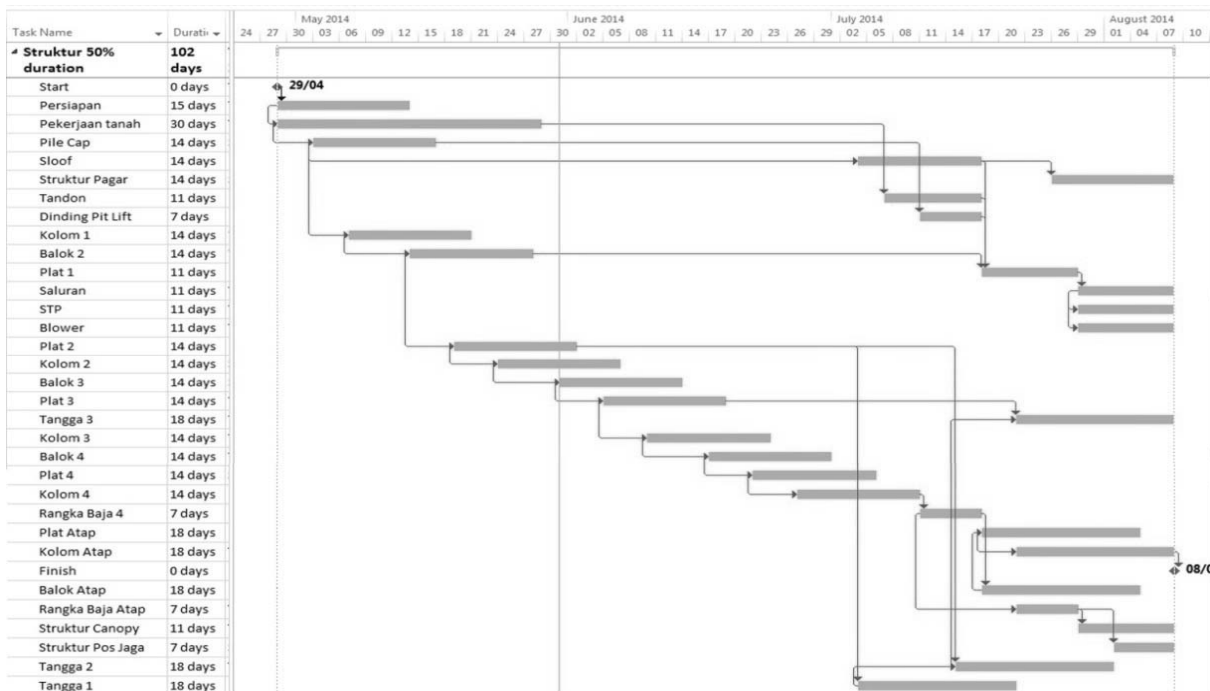


Gambar 4. Critical Chain dan Feeding Chain dari Jadwal Hasil Modifikasi

Durasi *most likely* didapatkan menggunakan rumus oleh Golenko-Ginberg dalam jurnal "A Lognormal Approximation of Activity Duration in PERT Using Two Time Estimates" oleh Mohan, et al. (2007) sebagai berikut:

$$m = \frac{(2a + b)}{3}$$

Jadwal dimodifikasi menjadi *as late as possible*. Kemudian dilakukan pengurangan durasi tiap-tiap pekerjaan sebesar 50% untuk menghilangkan *safety time*. Jadwal setelah durasi dikurangi 50% dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Jadwal Pelaksanaan Hasil Modifikasi dengan Durasi Tiap-Tiap Pekerjaan yang Dikurangi 50% (*As Late As Possible*)

Penentuan rata-rata (μ) dan varians (σ^2) durasi suatu aktivitas menurut PERT:

Traditional PERT

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Setelah didapatkan rata-rata (μ), varians (σ^2), dan standar deviasi (σ) untuk tiap pekerjaan, hal selanjutnya adalah menghitung besarnya *buffer*. Menurut Shi (2009) besarnya *buffer* dapat dirumuskan sebagai :

$$PB = \left[\sum_{i=1}^n \left[\left(1 + A(a_i) \right) \times \beta_i \times \tau_i \times \sigma_{iy} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

dimana:

$A(a_i)$ = Faktor keterbatasan sumber daya

β_i = Faktor kompleksitas jaringan

τ_i = Faktor *risk preference* oleh manajer proyek

σ_{iy} = Standar deviasi estimasi durasi

Faktor keterbatasan sumber daya dirumuskan sebagai berikut:

$$A(a_i) = \begin{cases} 0, & a_i \in (0, 0.5] \\ 2 \times (a_i - 0.5), & a_i \in (0.5, 0.7] \\ 3 \times (a_i - 0.7), & a_i \in (0.7, 0.9] \\ 1, & a_i \in (0.9, 1] \end{cases}$$

Dalam penelitian ini, nilai a_i didapatkan dari banyaknya pekerjaan yang memiliki sumber daya yang sama dengan pekerjaan i dan berlangsung bersamaan dengan pekerjaan i (X), dibagi dengan jumlah terbanyak pekerjaan yang memiliki sumber daya yang sama, yang berlangsung bersamaan di dalam proyek tersebut (Y).

Faktor kompleksitas jaringan dirumuskan sebagai berikut:

$$\beta_i = 1 + \frac{N_p - 1}{N_t}$$

dimana:

N_p = Urutan pekerjaan i dalam suatu rantai

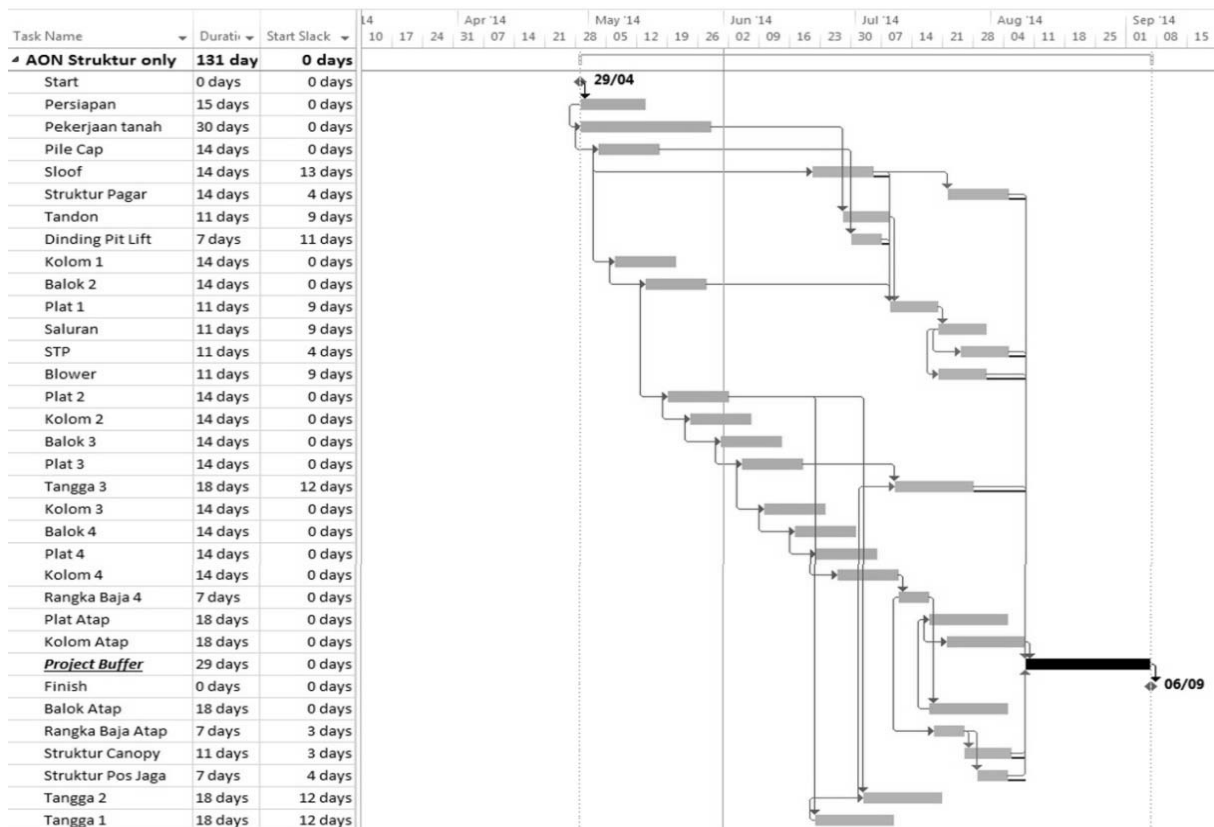
N_t = Total banyaknya pekerjaan dalam rantai tersebut

Dengan mengasumsi $\tau_i = 1$, dan durasi dari kontraktor dianggap durasi pesimis, didapatkan besarnya *buffer* untuk masing-masing rantai yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Ukuran *Buffer* untuk Tiap-Tiap Rantai

Buffer Size	
Critical Chain	29 hari
Feeding Chain 1	4 hari
Feeding Chain 2	2 hari
Feeding Chain 3	9 hari
Feeding Chain 4	4 hari
Feeding Chain 5	4 hari
Feeding Chain 6	12 hari
Feeding Chain 7	3 hari
Feeding Chain 8	4 hari

Dari hasil analisa dan perhitungan, didapatkan *project buffer* sebesar 29 hari dari 102 hari atau sebesar 28,43% untuk pekerjaan struktur yang digambarkan dengan Microsoft Project 2013 pada **Gambar 6**.



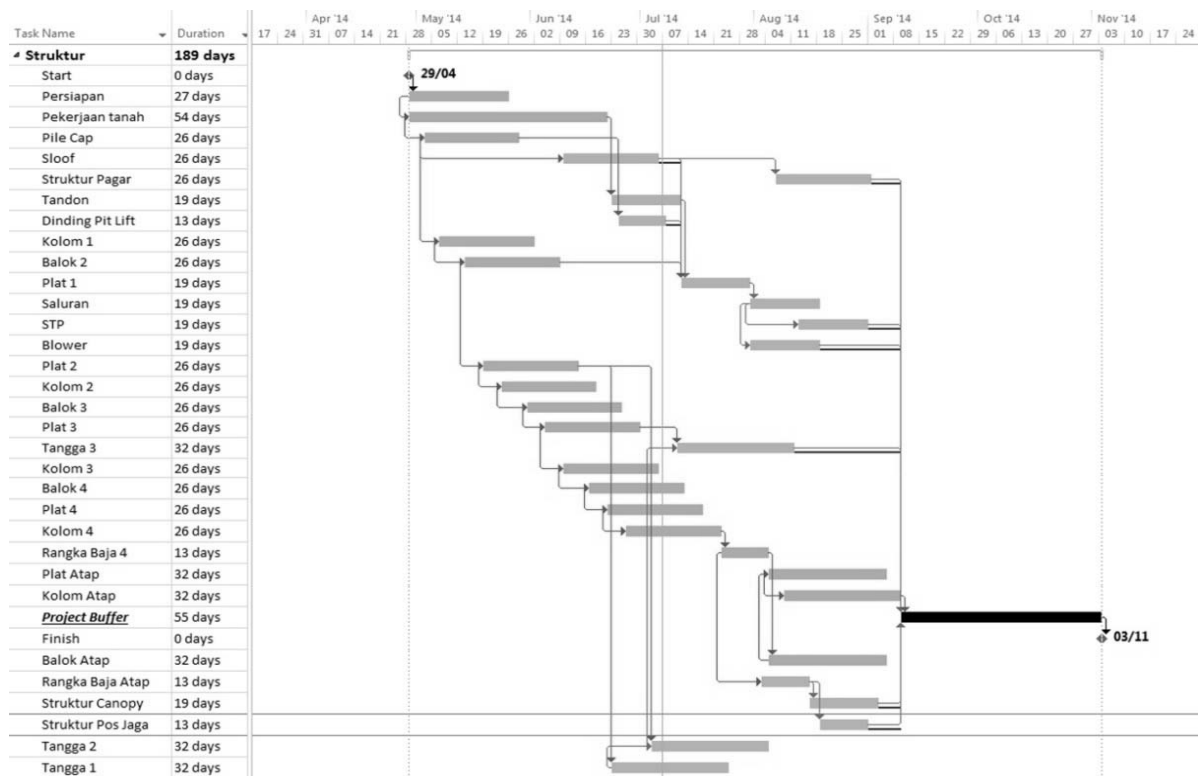
Gambar 6. Jadwal dengan *Project Buffer* dan *Feeding Buffer* yang Digambarkan dalam Rupa *Slack* (Durasi Kontraktor Dianggap Durasi Pesimis)

Dengan mengasumsi $\tau_i = 1$, dan durasi dari kontraktor dianggap durasi *most likely*, didapatkan besarnya *buffer* untuk masing-masing rantai yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Ukuran *Buffer* untuk Tiap-Tiap Rantai

Buffer Size	
Critical Chain	55 hari
Feeding Chain 1	6 hari
Feeding Chain 2	4 hari
Feeding Chain 3	21 hari
Feeding Chain 4	8 hari
Feeding Chain 5	9 hari
Feeding Chain 6	29 hari
Feeding Chain 7	6 hari
Feeding Chain 8	9 hari

Dari hasil analisa dan perhitungan, didapatkan *project buffer* sebesar 55 hari dari 134 hari atau sebesar 41,04% untuk pekerjaan struktur yang digambarkan dengan Microsoft Project 2013 pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Jadwal dengan *Project Buffer* dan *Feeding Buffer* yang Digambarkan dalam Rupa *Slack* (Durasi Kontraktor Dianggap Durasi *Most Likely*)

4. KESIMPULAN

Setelah menganalisa data, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Buffer* yang didapat sebesar 29 hari dari 102 hari, atau sebesar 28,43% jika durasi yang didapat dari kontraktor dianggap sebagai durasi pesimis. Durasi proyek beserta *buffer* adalah 131 hari.
2. *Buffer* yang didapat sebesar 55 hari dari 134 hari, atau sebesar 41,04% jika durasi yang didapat dari kontraktor dianggap sebagai durasi *most likely*. Durasi proyek beserta *buffer* adalah 189 hari.

5. DAFTAR REFERENSI

- Goldratt, E.M. (1997). *Critical Chain*, The North River Press, Great Barrington, USA.
- Leach, L.P. (1997). *Critical Chain Project Management Improves Project Performance*, Advanced Project Institute, Idaho Falls, USA.
- Mohan, S., Gopalakrishnan, M., Balasubramanian, H., Chandrashekar, A. (2007). "A Lognormal Approximation of Activity Duration in PERT Using Two Time Estimates." *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 58(6), 827-831.
- Newbold R.C. (1998). *Project Management in the Fast Lane Applying the Theory of Constraints*, St Lucie Press, Boca Raton, USA.
- Shi, Q. (2009). "An Improved Project Buffer Sizing Approach to Critical Chain Management under Resources Constraints and Fuzzy Uncertainty." *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*. Vol. 1, 486-490.